

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/FR05/000352

International filing date: 16 February 2005 (16.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: FR  
Number: 04/01527  
Filing date: 16 February 2004 (16.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 25 April 2005 (25.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 22 FEV. 2005

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr



-----



BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*03

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

16 FEV 2004

26 bis, rue de Saint-Pétersbourg 75800 Paris Cedex 08

Pour vous informer : INPI DIRECT

INPI DIRECT 0 825 83 85 87

0401527

0,15 € TTC/mn

Télécopie : 33 (0)1 53 04 52 65

Réservé à l'INPI

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/3

BR1

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 @ W / 030103

## REMISE DES PIÈCES

DATE

16 FEV 2004

LIEU

75 INPI PARIS 34 SP

N° D'ENREGISTREMENT

0401527

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE

16 FEV. 2004

PAR L'INPI

## Vos références pour ce dossier

(facultatif)

241106 D21881 JJB

## Confirmation d'un dépôt par télécopie

☐ N° attribué par l'INPI à la télécopie

## 2 NATURE DE LA DEMANDE

Demande de brevet

Demande de certificat d'utilité

Demande divisionnaire

Demande de brevet initiale

ou demande de certificat d'utilité initiale

Transformation d'une demande de  
brevet européen Demande de brevet initiale

## Cochez l'une des 4 cases suivantes

☒☐☐

N°

Date

N°

Date

☐

N°

Date

## 3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

DEBITMETRE INSTATIONNAIRE

## 4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ

OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE

LA DATE DE DÉPÔT D'UNE

DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

☐ S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

## 5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)

☒ Personne morale☐ Personne physiqueNom  
ou dénomination sociale

Prénoms

Forme juridique

N° SIREN

Code APE-NAF

Domicile

Rue

ou

siège

Code postal et ville

Pays

Nationalité

N° de téléphone (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

UNIVERSITE DE POITIERS

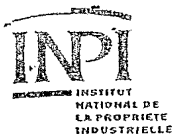
40, avenue du Recteur Pineau 86000 POITIERS FRANCE

FRANCE

Française

N° de télécopie (facultatif)

☒ S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

## BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

N° 11354\*02

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Page suite N° ... / ...

2 / 3



Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE

LIEU

16 FEV 2004

75 INPI PARIS 34 SP

N° D'ENREGISTREMENT

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

0401527

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 829 W / 011001

## Vos références pour ce dossier (facultatif)

241106 D21881 JJB

**4** DÉCLARATION DE PRIORITÉ  
OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE  
LA DATE DE DÉPÔT D'UNE  
DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

**5** DEMANDEUR (nom, adresse, etc.)

☒ Personne morale☐ Personne physiqueNom  
ou dénomination socialeCENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
(CNRS)

Prénoms

Forme juridique

ETABLISSEMENT PUBLIC A CARACTÈRE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE

N° SIREN

424980092

Code APE-NAF

3, rue Michel Ange 75016 PARIS FRANCE

Domicile  
ou  
siège

Rue

Code postal et ville

Pays

FRANCE

Nationalité

Française

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

**5** DEMANDEUR (nom, adresse, etc.)

☐ Personne morale☐ Personne physiqueNom  
ou dénomination sociale

Prénoms

Forme juridique

N° SIREN

Code APE-NAF

Domicile  
ou  
siège

Rue

Code postal et ville

Pays

Nationalité

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

**10** SIGNATURE DU DEMANDEUR  
OU DU MANDATAIRE  
(Nom et qualité du signataire)

Sg402

VISA DE LA PRÉFECTURE  
OU DE L'INPI

**BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

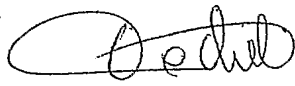
**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**  
page 8/8

**BR2**

REMISE DES PIÈCES  
DATE **16 FEV 2004**  
LIEU **75 INPI PARIS 34 SP**  
N° D'ENREGISTREMENT **0401527**  
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

Réserve à l'INPI

DB 540 W / 030103

<b>6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)</b> Nom _____ Prénom _____ Cabinet ou Société _____ N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel _____ Adresse Rue _____ Code postal et ville _____ Pays _____ N° de téléphone (facultatif) _____ N° de télécopie (facultatif) _____ Adresse électronique (facultatif) _____		<b>241106 D21881JJB</b>  <b>Cabinet REGIMBEAU</b>  20, rue de Chazelles <b>75847 PARIS CEDEX 17</b>  01 44 29 35 00 01 44 29 35 99 info@regimbeau.fr
<b>7 INVENTEUR (S)</b> Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)		
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b> Établissement immédiat ou établissement différé <input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non : Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt		
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b> Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]		
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b> <input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences		
Le support électronique de données est joint <input type="checkbox"/> La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe <input type="checkbox"/> Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes _____		
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)  gkko2	<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>  	

## DEBITMETRE INSTATIONNAIRE

La présente invention concerne le domaine de la mesure du débit instantané d'un fluide en écoulement instationnaire.

5 Elle trouve notamment – mais non limitativement – avantageusement application dans les domaines du génie des procédés et de l'industrie automobile.

10 Plus particulièrement, elle trouve avantageusement application dans le contrôle et la régulation des moteurs thermiques, les centres d'essais et laboratoires de recherche, ainsi que toutes les applications actuelles des débitmètres de l'art antérieur.

Plus particulièrement, elle trouve avantageusement application dans toutes les situations où l'écoulement étant instationnaire, la connaissance du débit impose une intégration dans le temps et dans l'espace de la vitesse.

## PRESENTATION GENERALE DE L'ART ANTERIEUR

Les mesures de débits sont des éléments essentiels à l'optimisation des processus industriels.

20 A l'heure actuelle, pour connaître le débit d'un fluide en écoulement instationnaire à un instant donné, il est généralement nécessaire de mettre en œuvre des techniques de mesure permettant de déterminer la vitesse de ce fluide. Une fois que l'on a déterminé un ensemble de vitesses pour différents instants, on intègre spatialement cet ensemble de vitesses afin  
25 d'avoir accès à l'évolution du débit en fonction du temps.

Il a déjà été proposé de nombreux systèmes et méthodes permettant l'obtention du débit d'un fluide en écoulement instationnaire par la détermination de la vitesse de ce fluide.

30 A titre d'exemple, on peut citer les méthodes LDV et PIV ainsi que les systèmes qui leurs sont associés.

La méthode PIV dite de Vélocimétrie par Images de Particules est basée sur la mesure du déplacement de petites particules. La détermination de la vitesse du fluide à un instant donné est réalisée de la façon suivante. Le fluide en écoulement estensemencé en particules, et est illuminé par un laser. Le laser émet deux impulsions décalées d'un court intervalle de temps. Une caméra CCD synchronisée au laser enregistre une image pour chaque impulsion du laser. Les deux images obtenues sont ensuite traitées. Le déplacement des particules entre la première et la deuxième image est mesuré en utilisant une technique de corrélation. En divisant le déplacement des particules entre les deux images par la durée séparant l'enregistrement de chacune de ces images, on obtient la vitesse du fluide en écoulement. Cette détermination de la vitesse du fluide permet de déduire le débit de ce fluide.

La méthode LDV dite de Vélocimétrie Doppler Laser est basée sur la mesure d'une fréquence Doppler. Le fluide en écoulement estensemencé en particules et est illuminé à l'aide de deux lasers dont les faisceaux se croisent. La lumière dispersée provenant des particules passant l'intersection des deux faisceaux lasers produit une fréquence de Doppler proportionnelle à la vitesse de la particule. Le calcul de cette vitesse permet d'obtenir le débit du fluide en écoulement. La visualisation du flux est réalisée de la même manière que dans le cas PIV.

Ces méthodes et systèmes présentent les inconvénients suivants :

- les méthodes PIV et LDV ne permettent pas de déterminer le débit d'un fluide en temps réel. En effet, ces techniques imposent un post-traitement des images acquises afin d'obtenir la vitesse du fluide.
- la mise en œuvre de telles techniques est lourde et coûteuse.
- ces méthodes sont mal résolues en temps et possèdent donc une faible bande passante (généralement moins de 10 Hz pour la méthode PIV).
- le fluide doit êtreensemencé en particules.
- le fluide et la conduite doivent être transparents.



Une autre méthode permettant d'obtenir le débit d'un fluide en écoulement instationnaire à partir de sa vitesse utilise le tube de Pitot.

Le tube de Pitot est un instrument servant à déterminer la vitesse d'un fluide en écoulement grâce à la mesure d'une différence de pression. Pour déterminer la vitesse d'un fluide en écoulement dans une conduite, on doit connaître la direction et le sens de l'écoulement. On plonge le tube de Pitot dans la conduite de sorte que le tube soit parallèle à la direction de l'écoulement et que l'avant du tube de Pitot fasse front à l'écoulement. Une première pression est obtenue par une première prise de pression située sur la paroi latérale du tube de Pitot. Cette première pression mesurée est une pression statique. Une deuxième pression est obtenue par une prise de pression située à l'avant du tube. Cette pression est la pression totale du fluide. La mesure de l'écart entre ces deux pressions permet de calculer la vitesse du fluide en écoulement. A partir du calcul de cette vitesse, on peut obtenir le débit du fluide en écoulement.

Cette méthode et ce système présentent les inconvénients suivants :

- la direction et le sens de l'écoulement doivent être connus et constants pour mettre en place le tube de Pitot.
- lorsque le sens de l'écoulement varie, la mesure de pression totale est faussée, ce qui induit une erreur dans l'obtention de la mesure de la vitesse.
- ce type de système est intrusif et perturbe donc l'écoulement.

Une dernière méthode permettant l'obtention du débit d'un fluide en écoulement instationnaire à partir de sa vitesse est la méthode dite du fil chaud.

La méthode du fil chaud repose sur le transfert de chaleur autour d'un fil chauffé par un circuit électrique. On place dans le fluide en écoulement un fil porté par effet Joule à une température supérieure à la température de ce fluide. Il se produit un échange de chaleur par convection : le fil est refroidi par le fluide en écoulement. Il est alors possible de déterminer la vitesse du fluide en écoulement en calculant la puissance

qu'il faut fournir au fil pour le maintenir à une température constante. Une fois la vitesse du fluide connue, il est possible d'en déduire le débit du fluide en écoulement instationnaire.

Cette méthode et ce système présentent les inconvénients suivants :

- la méthode est ponctuelle et insensible au sens de l'écoulement du fluide.
- les mesures dans les liquides, qui sont la plupart du temps conducteurs, nécessitent que le fil chaud (chauffé par le circuit électrique) soit isolé électriquement.
- il faut étalonner le système.
- le fil vieillit assez rapidement ce qui impose une maintenance coûteuse.
- la mise en œuvre, et notamment les dimensions du fil, induit une grande fragilité du système.
- c'est une méthode intrusive et donc susceptible de perturber l'écoulement.

Un but de la présente invention est de fournir une méthode et un système de mesure en temps réel du débit d'un fluide en écoulement instationnaire, permettant de pallier la plupart des inconvénients précités.

## **PRESENTATION DE L'INVENTION**

L'invention concerne un système de mesure en temps réel du débit instantané d'un fluide en écoulement stationnaire ou instationnaire dans une conduite, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un organe déprimogène placé dans la conduite, ledit organe déprimogène étant muni de deux prises de pression en paroi,
- un moyen de mesure d'une différence de pression apte à être raccordé aux deux prises de pression,
- un moyen de calcul adapté pour calculer le débit en temps réel par la résolution d'une formule reliant le débit instantané à la

différence de pression, ladite formule prenant en compte le sens de l'écoulement du fluide.

Comme cela sera précisé par la suite, le système de mesure de débit conforme à la présente invention permet un contrôle industriel de débits même fortement pulsés en alliant prix réduit, simplicité de mise en œuvre et fiabilité. Cette mesure de débit est réalisée en temps réel et prend en compte les inversions de sens de l'écoulement. De plus le système de mesure de débit conforme à la présente invention est non intrusif et ne nécessite pas d'étalonnage.

Des aspects préférés, mais non limitatifs du système de mesure de débit selon l'invention sont les suivants :

- la formule prenant en compte le sens de l'écoulement est une équation différentielle de la forme :

$$dq(t)/dt + \alpha(q(t)) = \beta \times \Delta p(t),$$

avec  $q(t)$  le débit instantané recherché,  $dq(t)/dt$  la dérivée par rapport au temps du débit instantané recherché,  $\alpha(q(t))$  une fonction dépendant de la géométrie du système, du fluide et du débit  $q(t)$ ,  $\beta$  un coefficient fonction de la géométrie du dispositif, et  $\Delta p(t)$  la différence de pression instantanée mesurée.

- le système comporte en outre une sonde de mesure de température.
- le moyen de calcul est apte à obtenir la masse volumique du fluide à l'aide de la mesure de température mesurée par la sonde de mesure de température et à calculer le débit instantané massique du fluide.
- le système comporte en outre une sonde de mesure de la pression statique absolue.
- le moyen de calcul est apte à calculer en temps réel le débit instantané massique d'un fluide compressible en temps réel grâce à la prise en compte de la mesure de pression statique absolue et de la mesure de température et par la résolution de la formule

reliant le débit instantané à la différence de pression, ladite formule prenant en compte le sens de l'écoulement du fluide.

- l'organe déprimogène est un convergent.
- l'organe déprimogène est un diaphragme.
- l'organe déprimogène est un venturi.
- le moyen de mesure d'une différence de pression est un capteur de pression différentielle raccordé aux deux prises de pression.
- le moyen de mesure d'une différence de pression est un ensemble de deux capteurs de pression relative raccordé aux deux prises de pression.
- le moyen de calcul est un calculateur électronique.
- le calculateur électronique permettant de calculer le débit instantané en temps réel quelques soient les fluctuations de l'écoulement est un calculateur électronique analogique.
- le calculateur électronique permettant de calculer le débit instantané en temps réel quelques soient les fluctuations de l'écoulement est un calculateur électronique numérique.

La présente invention concerne également un procédé de mesure du débit d'un fluide en écoulement stationnaire ou instationnaire dans une conduite, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :

- mesurer, quelques soient les fluctuations de l'écoulement, une différence entre deux pressions.
- définir le débit du fluide par résolution d'une formule reliant le débit et la différence de pression mesurée, ladite formule prenant en compte le sens de l'écoulement.

Des aspects préférés, mais non limitatifs du procédé de mesure de débit selon l'invention sont les suivants :

- la deuxième étape du procédé consiste à définir le débit du fluide en écoulement instationnaire par résolution d'une équation différentielle reliant le débit et la différence de pression mesurée :

$$dq(t)/dt + \alpha(q(t)) = \beta \times \Delta p(t),$$

avec  $q(t)$  le débit instantané recherché,  $dq(t)/dt$  la dérivée par rapport au temps du débit instantané recherché,  $\alpha(q(t))$  une fonction dépendant de la géométrie du système, du fluide et du débit instantané  $q(t)$ ,  $\beta$  un coefficient fonction de la géométrie du dispositif, et  $\Delta p(t)$  la différence de pression instantanée mesurée.

- le sens de l'écoulement est pris en compte dans le terme  $\alpha(q(t))$  dépendant de la géométrie du système et du débit  $q(t)$ .
- le procédé comprend en outre une étape d'acquisition de la température du fluide.
- le procédé comprend en outre une étape d'acquisition de la pression statique absolue du fluide.
- la température du fluide et la pression statique absolue du fluide sont prises en compte dans la formule prenant en compte le sens de l'écoulement.
- Le procédé permet le calcul en temps réel du débit instantané d'un fluide compressible en écoulement instationnaire dans une conduite, ledit calcul du débit étant obtenu par résolution d'une formule reliant le débit à la différence de pression, ladite formule prenant en compte le sens de l'écoulement du fluide, la pression statique absolue du fluide et la température du fluide.

## **PRESENTATION DES FIGURES**

D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention ressortiront encore de la description qui suit, laquelle est purement illustrative et non limitative et doit être lue en regard des dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 illustre une vue en coupe d'un mode de réalisation de la présente invention ;

- la figure 2 illustre un bloc-diagramme à mettre en œuvre pour déterminer le débit d'un fluide conformément au procédé de la présente invention ;
- la figure 3 illustre un exemple d'algorithme numérique à mettre en œuvre pour déterminer le débit d'un fluide conformément au procédé de la présente invention ;
- la figure 4 illustre une comparaison entre le débit mesuré par le procédé de la présente invention et le débit mesuré à partir de la méthode du fil chaud ;

### DESCRIPTION DE L'INVENTION

Un but de la présente invention est d'établir un procédé permettant la mesure du débit d'un fluide en écoulement instationnaire dans une conduite, même lorsque le sens de l'écoulement varie au cours du temps.

Dans cette optique, les inventeurs ont cherché à établir une relation entre le débit instantané et la pression pour un fluide en écoulement instationnaire en conduite.

Pour cela, les inventeurs sont partis des équations de l'aérodynamique. En appliquant les approximations habituelles des écoulements en conduite à l'équation de bilan d'énergie cinétique d'une part, et en remplaçant chaque terme de vitesse d'écoulement par son expression en fonction du débit dans l'équation de bilan de l'énergie cinétique d'autre part, les inventeurs ont obtenu une formule reliant le débit instantané et la pression pour un fluide en écoulement instationnaire quasi unidirectionnel en conduite.

Cette formule est une équation différentielle de la forme suivante :

$$dq(t)/dt + \alpha(q(t)) = \beta \times \Delta p(t),$$

où

- $q(t)$  représente le débit volumique recherché,
- $dq(t)/dt$  représente la dérivée par rapport au temps du débit recherché,

- $\alpha(q(t))$  représente une fonction dépendant de la géométrie du système, du fluide et du débit  $q(t)$ ,
- $\beta$  représente un coefficient fonction de la géométrie du dispositif,
- $\Delta p(t)$  représente la différence de pression mesurée.

Cette équation différentielle provient directement des équations de la mécanique des fluides. Cette formule, ou équation, présente la particularité de prendre en compte le sens de l'écoulement. En effet, le second terme du membre de gauche  $\alpha(q(t))$  est une fonction du débit paramétrée par la géométrie du dispositif et par le sens de l'écoulement. Cette propriété autorise la mesure du débit même lorsque l'écoulement s'inverse.

Cette équation différentielle présente une forme originale qui possède la propriété de toujours converger pour peu que la condition initiale soit correctement choisie de l'ordre de grandeur du débit à trouver. Préférentiellement, on choisira comme condition initiale lorsque l'écoulement change de sens  $q(t=0) = 0$ .

## **DESCRIPTION D'UN MODE DE REALISATION DE L'INVENTION**

Comme représenté à la figure 1, les inventeurs ont réalisé un système apte à mesurer en temps réel le débit d'un fluide dans une conduite à partir d'une différence de pression. Ce système est un débitmètre et se compose principalement d'un organe déprimogène 1 s'insérant dans la conduite, d'un moyen 2 de mesure d'une différence de pression, et d'un moyen 3 de calcul adapté pour calculer le débit en temps réel.

L'organe déprimogène 1 représenté à la figure 1 est un convergent. Il s'agit d'une conduite profilée comportant une première partie 4 cylindrique présentant une section  $S1$ . Cette première partie 4 se termine par une deuxième partie 5 convergente qui aboutit à une troisième partie 6 cylindrique de section inférieure à  $S1$ . Deux prises de pression statique A et

B sont placées respectivement sur la paroi de la première partie 4 cylindrique et sur la paroi de la troisième partie 6 cylindrique de section inférieure.

5 Le moyen 2 de mesure d'une différence de pression représenté à la figure 1 est un capteur de pression différentielle. Le moyen de mesure de pression différentielle est raccordé aux deux prises de pression statique A et B de l'organe déprimogène 1. Le moyen 2 de mesure de pression différentielle permet de mesurer la différence entre les deux pressions statiques.

10 Le moyen 3 de calcul est un calculateur électronique. Ce moyen 3 de calcul contient l'algorithme de résolution de la formule prenant en compte le sens de l'écoulement. Ce moyen de calcul peut être numérique ou analogique comme représenté aux figures 2 et 3.

15 Le principe de fonctionnement du système de mesure de la figure 1 est le suivant. Le fluide s'écoule dans une conduite et passe dans l'organe déprimogène 1.

20 Le moyen 2 de mesure d'une différence de pression mesure la différence entre la pression statique P1 acquise au niveau de la prise de pression A, et la pression statique P2 acquise au niveau de la prise de pression B. La différence de pression mesurée par le moyen 2 de mesure est transmise sous la forme d'un signal électrique en entrée du moyen 3 de calcul.

25 Le moyen 3 de calcul calcule le débit du fluide en temps réel à partir de la différence de pression reçue en entrée. En effet, le moyen 3 de calcul est adapté pour résoudre la formule reliant le débit à la différence de pression et prenant en compte le sens de l'écoulement.

A la sortie du moyen 3 de calcul, on obtient le débit du fluide en écoulement instationnaire.

30 Le dispositif de la figure 1 permet donc de mesurer en temps réel le débit d'un fluide dans une conduite. La mesure de ce débit ne nécessite que deux mesures de pression statique, ce qui est obtenu par un unique capteur de pression différentielle. La mise en œuvre du dispositif de la présente



invention est donc simplifiée, la présence d'un seul capteur de pression différentielle dans le dispositif induit un coût réduit dudit dispositif.

Par ailleurs, contrairement aux systèmes de l'art antérieur, le dispositif de la présente invention autorise les inversions de sens de l'écoulement.

De plus, le dispositif de la figure 1, ne nécessite pas d'étalonnage en débit, et la présence unique de deux prises de pression en paroi ne perturbe pas l'écoulement par rapport à un système de mesure par fil chaud ou tube de Pitot par exemple, où la sonde est introduite directement dans la conduite.

Le schéma bloc de la figure 2 présente d'une manière canonique l'intégration de l'équation différentielle prenant en compte le sens de l'écoulement, par un système en boucle fermée. Ce schéma constitue un intégrateur bouclé par une rétro-action négative qui assure la stabilité asymptotique de la forme intégrale de l'équation différentielle, c'est-à-dire de la formule prenant en compte le sens de l'écoulement.

Comme représenté à la figure 2, le moyen 3 de calcul peut être analogique. Ce moyen de calcul se compose d'un premier amplificateur 7 (qui peut être purement passif), d'un soustracteur 8, d'un intégrateur 9, et d'une boucle de contre réaction comprenant un circuit 10 réalisant la fonction valeur absolue, un multiplieur 11 à deux entrées et un second amplificateur 12.

L'entrée du premier amplificateur 7 correspond à l'entrée du moyen de calcul. Le premier amplificateur 7 amplifie le signal d'entrée du moyen de calcul par un coefficient  $\beta$ . Ce coefficient correspond à la valeur du coefficient  $\beta$  de l'équation différentielle. Ce coefficient est fonction de la géométrie du dispositif et plus particulièrement de la géométrie de l'organe déprimogène. La détermination de la valeur de ce coefficient est effectuée une fois pour toute. Cette détermination peut être effectuée de différentes manières, par exemple :

- par étalonnage comparatif,
- en évaluant directement le débit d'un écoulement réel ou simulé, constant ou périodique de période T (dans le cas

simulé cela nécessite de connaître l'étalonnage en pression du capteur différentiel),

- par calcul.

5 Le premier amplificateur 7 reçoit en entrée le signal d'entrée du moyen de calcul. Ce signal d'entrée du moyen de calcul est un signal représentatif de la différence de pression. Il est issu du moyen 2 de mesure de pression différentielle. La sortie de ce premier amplificateur 7 entre sur le soustracteur 8.

10 Le soustracteur 8 permet de faire la différence entre le signal de sortie du premier amplificateur 7 et le signal issu de la boucle de contre réaction. Ce signal issu de la boucle de contre réaction correspond au terme  $\alpha(q(t))$  de l'équation différentielle (ici on a  $\alpha(q(t)) = \alpha \times q(t) \times |q(t)|$ ).

15 La sortie du soustracteur 8 sert d'entrée à l'intégrateur 9. Cet intégrateur 9 permet d'intégrer en temps réel le signal de sortie du soustracteur 8. Le signal de sortie du soustracteur 8 correspond à la dérivée par rapport au temps du débit recherché. Le signal fourni à la sortie de l'intégrateur 9 correspond au débit recherché  $q$ . Il s'agit de la sortie du moyen de calcul.

20 Le signal fourni à la sortie de l'intégrateur 9 est envoyé à l'entrée du multiplieur 11. Il est également envoyé sur l'entrée du circuit 10 réalisant la fonction valeur absolue. La sortie du circuit 10 réalisant la fonction valeur absolue sert de deuxième entrée au multiplieur 11.

25 Le multiplieur 11 effectue la multiplication du signal de sortie de l'intégrateur 9 avec le signal de sortie du circuit 10 réalisant la fonction valeur absolue. La sortie du multiplieur 11 sert d'entrée au deuxième amplificateur 12.

30 Le deuxième amplificateur 12 (qui peut être purement passif) amplifie le signal de sortie par un coefficient  $\alpha$ . Ce coefficient est fonction de la géométrie du dispositif et plus particulièrement de la géométrie de l'organe déprimogène 1 ; il dépend également des caractéristiques du fluide. La détermination de la valeur de ce coefficient est effectuée une fois pour toute.

Cette détermination peut être effectuée de différentes manières, par exemple :

- par étalonnage comparatif,
- en évaluant directement le débit d'un écoulement réel ou simulé, périodique de période  $T$  (dans le cas simulé cela nécessite de connaître l'étalonnage en pression du capteur différentiel),
- par calcul.

Dans la pratique, la détermination des paramètres  $\alpha$  et  $\beta$  en fonctionnement conduit à des réglages qui sont interdépendants.

Le principe de fonctionnement du moyen de calcul de la figure 2 est le suivant.

Comme il a été indiqué précédemment, l'équation différentielle permettant de lier le débit d'un fluide en écoulement instationnaire à une différence de pression présente une forme originale qui possède la propriété de toujours converger pour peu que la condition initiale soit correctement choisie de l'ordre de grandeur du débit moyen (par exemple  $q(t=0) = 0$  lorsque le débit change de sens). Cela signifie qu'étant donnée une condition initiale sur le signal de sortie de l'intégrateur, ce signal de sortie va converger vers une valeur représentative du débit recherché.

Au départ, on aura par exemple en sortie de l'intégrateur un signal nul ( $q(t=0) = 0$ ). Le moyen de calcul reçoit en entrée un signal représentatif de la différence de pression entre les deux prises de pression. Ce signal est amplifié par le premier amplificateur 7. Le signal de sortie de ce premier amplificateur correspond au terme  $\beta \times \Delta p(t)$  de l'équation différentielle.

Le signal de sortie du premier amplificateur 7 est transmis sur la première entrée du soustracteur 8. Le signal issu de la boucle de contre réaction arrive sur la deuxième entrée du soustracteur 8 (au départ égale à zéro puisque la condition initiale choisie est  $q(t=0) = 0$ ). Le soustracteur 8 effectue la soustraction de ces deux signaux. Le signal de sortie du soustracteur correspond au terme  $dq/dt$  dans l'équation différentielle.

Le signal de sortie du soustracteur 8 est envoyé sur l'intégrateur 9. Ce signal est intégré par l'intégrateur 9 qui délivre en sortie un signal représentatif du débit recherché  $q$ .

Le signal de sortie de l'intégrateur 9 est envoyé en sortie du moyen de calcul et en entrée de la boucle de contre réaction. Le signal d'entrée de la boucle de contre réaction est envoyé sur une des entrées du multiplieur 11, et sur l'entrée du circuit 10 réalisant la fonction valeur absolue. Le signal de sortie de l'intégrateur 9 et le signal de sortie du circuit 10 réalisant la valeur absolue sont multipliés par le multiplieur 11.

La sortie du multiplieur 11 est ensuite envoyée sur le second amplificateur 12 qui l'amplifie. La sortie du second amplificateur 12 correspond au terme  $\alpha(q(t))$  de l'équation différentielle.

Le signal de sortie du second amplificateur est renvoyé sur la deuxième entrée du soustracteur. Ce signal tient compte du sens de l'écoulement.

Le soustracteur effectue la soustraction du signal de sortie du premier amplificateur avec le signal de sortie du second amplificateur. La sortie du soustracteur est intégrée par l'intégrateur qui délivre en sortie un signal représentatif du débit  $q(t)$ . Au cours du temps, le signal de sortie de l'intégrateur, qui correspond au signal de sortie du moyen de calcul converge vers une valeur correspondant à la solution instantanée de l'équation différentielle.

Le moyen de calcul analogique de la figure 2 permet donc de calculer le débit instantané d'un fluide en écoulement instationnaire à partir de l'équation différentielle prenant en compte le sens de l'écoulement.

Comme représenté sur la figure 2, le moyen de calcul électronique peut également être numérique. On a représenté à la figure 3 un exemple d'algorithme numérique adapté à l'utilisation d'un système de mesure comprenant un organe déprimogène du type convergent. L'algorithme se

rapportant au procédé consistant à déterminer le débit instantané à partir de la différence de pression comporte 3 étapes.

Pour cela, on va acquérir toutes les  $T_e$  seconde un signal représentatif de la différence de pression.

5 La première étape 13 consiste à déterminer la condition initiale permettant la résolution de l'équation différentielle. Préférentiellement on choisira comme condition initiale  $q_0 = q(t=0) = 0$  lorsque le débit change de sens.

10 Dans la deuxième étape 14, on acquiert une différence de pression  $P_n$ .

Dans une troisième étape 15, on calcule la valeur  $q_{n+1}$  correspondant au débit recherché en discrétisant l'équation différentielle reliant le débit instantané à la différence de pression, par exemple à l'aide de la formule :

$$q_{n+1} = q_n \times (1 - \alpha \times |q_n| \times T_e) + \beta \times P_n \times T_e.$$

15 On obtient en sortie de la troisième étape 15 la valeur de  $q_{n+1}$  calculée à partir de  $q_n$  et de  $P_n$ .

20 En répétant ainsi de suite les étapes 14 et 15, la sortie  $q$  du moyen de calcul numérique fournit, à partir du signal de pression différentielle  $P$  échantillonné selon la base de temps  $T_e$ , une suite de valeurs discrètes  $q_0, q_1, \dots, q_n$  qui converge vers la solution instantanée de l'équation différentielle.

La figure 4 montre un exemple de résultats obtenus en utilisant le dispositif de la figure 1. L'évolution d'un débit pulsé en conduite est mesurée par l'invention et comparée avec le débit reconstitué à partir de la vitesse du fluide déterminée par un fil chaud placé au centre de la conduite.

25 Le premier graphique 17 et le deuxième graphique 18 de la figure 4 présentent l'évolution du débit dans une conduite en fonction du temps. Les traits pointillés représentent les résultats obtenus avec le dispositif de la présente invention. Les traits pleins représentent les résultats obtenus avec le dispositif de mesure par fil chaud.

30 On peut remarquer sur le premier graphique 17 que le dispositif de mesure par fil chaud, qui est incapable par conception de donner le sens de

l'écoulement, donne toujours un débit positif, même lorsque celui-ci s'inverse. Ce n'est pas le cas du système de la présente invention qui suit parfaitement les inversions de sens de l'écoulement. Ceci est dû au fait que le système de mesure de la présente invention tient compte du sens de l'écoulement.

On peut remarquer sur le deuxième graphique 18 que le dispositif de la présente invention possède une très bonne résolution en temps (grande bande passante) puisque la pulsation atteinte dans le deuxième graphique de la figure 4 est proche de 90 Hz.

Le système de mesure de pression de la présente invention permet donc la mesure du débit d'un fluide en écoulement instationnaire en conduite. Il ne nécessite que deux prises de pression statique, et autorise n'importe quelle fluctuation de l'écoulement, y compris des inversions de sens. Ceci est rendu possible par la résolution de la formule reliant le débit à la différence de pression et prenant en compte le sens de l'écoulement.

Le lecteur aura compris que de nombreuses variantes de la présente invention peuvent être mises en place.

Par exemple l'organe déprimogène 1 pourrait être un venturi, un diaphragme, ou tout dispositif introduisant une perte de charge dans l'écoulement.

Par ailleurs, le moyen de calcul pourrait être d'un autre type que ceux évoqués aux figures 2 et 3, la particularité de ce moyen de calcul étant d'être adapté à la résolution d'une formule reliant le débit à la différence de pression, ladite formule prenant en compte le sens de l'écoulement.

En outre, des améliorations peuvent être apportées au système et au procédé de la présente invention.

Le débit mesuré ici était le débit volumique  $q(t)$  d'un fluide incompressible en écoulement instationnaire dans une conduite. Cependant, il est possible de remonter au débit massique  $q_m$  en faisant le produit du débit mesuré par la masse volumique  $\rho$  du fluide. Cette masse volumique est

fonction principalement de la température du fluide et de la pression statique absolue.

Donc, en ajoutant une sonde de mesure de température au dispositif de la figure 1, et en utilisant la fonction  $\rho(T)$  donnant la masse volumique du fluide en fonction de la température dans les moyens de calcul, il est possible de remonter au débit massique à partir du débit volumique mesuré, sachant que l'on a :

$$q_m(t) = \rho(T) \times q(t).$$

L'introduction dans le moyen de calcul de moyens aptes à obtenir la masse volumique  $\rho(T)$  du fluide à partir de la mesure de température obtenue à l'aide de la sonde de mesure de température, et de moyens aptes à effectuer le produit du débit volumique  $q(t)$  par la masse volumique  $\rho(T)$ , il est possible de remonter au débit massique d'un fluide incompressible en écoulement instationnaire dans une conduite.

Par ailleurs, la mesure de la pression statique absolue en plus de la température permet de prendre en compte les effets de compressibilité du fluide et par là d'étendre les applications de la présente invention aux écoulements compressibles (cette pression statique absolue mesurée peut également être prise en compte dans l'obtention de la masse volumique  $\rho$  d'un fluide incompressible afin que le débit massique calculé soit plus précis).

Donc en ajoutant une sonde de mesure de température, et une sonde de mesure de pression statique absolue au dispositif de la figure 1, et en adaptant le moyen de calcul de sorte qu'il reçoive en entrée la différence de pression mesurée par le moyen 2 de mesure de pression différentielle, la mesure de température mesurée par la sonde de mesure de température et la mesure de pression statique mesurée par la sonde de mesure de pression statique, il est possible de calculer le débit massique d'un fluide compressible en écoulement instationnaire dans une conduite à partir de la formule reliant le débit à une différence de pression, ladite formule prenant en compte le

sens de l'écoulement du fluide. De plus, la prise en compte de la vitesse mesurée

De plus, le moyen de mesure de pression différentielle pourrait être différent d'un capteur de pression différentielle. Par exemple, les deux prises de pressions pourraient être reliées à deux sondes de mesure de pressions relatives, on obtiendrait alors en sortie des sondes les pressions statiques relatives P1 et P2. La différence entre ces deux pressions statiques relatives P1 et P2 pourrait alors être obtenue soit à l'aide d'un boîtier électronique apte à effectuer une différence entre les deux pressions statiques relatives mesurées, et situé entre les deux sondes de mesure et le moyen de calcul, soit à l'aide du moyen 3 de calcul s'il est prévu dans celui-ci des moyens pour obtenir cette différence.



REVENDEICATIONS

1. Système de mesure en temps réel du débit instantané d'un fluide en écoulement stationnaire ou instationnaire dans une conduite, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un organe déprimogène (1) placé dans la conduite, ledit organe déprimogène (1) étant muni de deux prises (A, B) de pression en paroi,
- un moyen (2) de mesure d'une différence de pression apte à être raccordé aux deux prises (A, B) de pression,
- un moyen (3) de calcul adapté pour calculer le débit en temps réel par la résolution d'une formule reliant le débit instantané à la différence de pression, ladite formule prenant en compte le sens de l'écoulement du fluide.

2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que la formule prenant en compte le sens de l'écoulement est une équation différentielle de la forme :

$$dq(t)/dt + \alpha(q(t)) = \beta \times \Delta p(t),$$

- où  $q(t)$  représente le débit instantané recherché,  
 $dq(t)/dt$  représente la dérivée par rapport au temps du débit instantané recherché,  
 $\alpha(q(t))$  représente une fonction dépendant de la géométrie du système, du fluide et du débit  $q(t)$ ,  
 $\beta$  représente un coefficient fonction de la géométrie du dispositif,  
 $\Delta p(t)$  représente la différence de pression instantanée mesurée.

REVENDEICATIONS

1. Système de mesure en temps réel du débit instantané d'un fluide en écoulement stationnaire ou instationnaire dans une conduite, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un organe déprimogène (1) placé dans la conduite, ledit organe déprimogène (1) étant muni de deux prises (A, B) de pression en paroi,
- un moyen (2) de mesure d'une différence de pression apte à être raccordé aux deux prises (A, B) de pression,
- un moyen (3) de calcul adapté pour calculer le débit en temps réel par la résolution d'une formule reliant le débit instantané à la différence de pression, ladite formule prenant en compte le sens de l'écoulement du fluide.

2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que la formule prenant en compte le sens de l'écoulement est une équation différentielle de la forme :

$$dq(t)/dt + \alpha(q(t)) = \beta \times \Delta p(t),$$

- où
- $q(t)$  représente le débit instantané recherché,
  - $dq(t)/dt$  représente la dérivée par rapport au temps du débit instantané recherché,
  - $\alpha(q(t))$  représente une fonction dépendant de la géométrie du système, du fluide et du débit  $q(t)$ ,
  - $\beta$  représente un coefficient fonction de la géométrie du dispositif,
  - $\Delta p(t)$  représente la différence de pression instantanée mesurée.

3. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une sonde de mesure de température.
- 5 4. Système selon la revendication 3, caractérisé en ce que le moyen de calcul est apte à obtenir la masse volumique du fluide à l'aide de la mesure de température mesurée par la sonde de mesure de température et à calculer le débit instantané massique du fluide.
- 10 5. Système selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une sonde de mesure de pression statique absolue.
- 15 6. Système selon la revendication 5, caractérisé en ce que le moyen (3) de calcul est apte à calculer en temps réel le débit instantané massique d'un fluide compressible en temps réel grâce à la prise en compte de la mesure de pression statique absolue et de la mesure de température et par la résolution de la formule reliant le débit instantané à la différence de pression, ladite formule prenant en  
20 compte le sens de l'écoulement du fluide.
7. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'organe déprimogène est un convergent.
- 25 8. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'organe déprimogène (1) est un diaphragme.
9. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'organe déprimogène (1) est un venturi.

3. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une sonde de mesure de température.
- 5 4. Système selon la revendication 3, caractérisé en ce que le moyen de calcul est apte à obtenir la masse volumique du fluide à l'aide de la mesure de température mesurée par la sonde de mesure de température et à calculer le débit instantané massique du fluide.
- 10 5. Système selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une sonde de mesure de pression statique absolue.
- 15 6. Système selon la revendication 5, caractérisé en ce que le moyen (3) de calcul est apte à calculer en temps réel le débit instantané massique d'un fluide compressible en temps réel grâce à la prise en compte de la mesure de pression statique absolue et de la mesure de température et par la résolution de la formule reliant le débit instantané à la différence de pression, ladite formule prenant en  
20 compte le sens de l'écoulement du fluide.
7. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'organe déprimogène est un convergent.
- 25 8. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'organe déprimogène (1) est un diaphragme.
9. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'organe déprimogène (1) est un venturi.

- 5 10. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le moyen (2) de mesure d'une différence de pression est un capteur de pression différentielle raccordé aux deux prises de pression.
- 10 11. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le moyen de mesure d'une différence de pression est un ensemble de deux capteurs de pression relative raccordé aux deux prises de pression.
- 15 12. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le moyen (3) de calcul est un calculateur électronique.
- 20 13. Système selon la revendication 13, caractérisé en ce que le calculateur électronique (3) permettant de calculer le débit instantané en temps réel quelques soient les fluctuations de l'écoulement est un calculateur électronique analogique.
- 25 14. Système selon la revendication 13, caractérisé en ce que le calculateur (3) électronique permettant de calculer le débit instantané en temps réel quelques soient les fluctuations de l'écoulement est un calculateur électronique numérique.
15. Procédé de mesure du débit d'un fluide en écoulement stationnaire ou instationnaire dans une conduite, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :
- mesurer, quelques soient les fluctuations de l'écoulement, une différence entre deux pressions.

10. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le moyen (2) de mesure d'une différence de pression est un capteur de pression différentielle raccordé aux deux prises de pression.

5

11. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le moyen de mesure d'une différence de pression est un ensemble de deux capteurs de pression relative raccordé aux deux prises de pression.

10

12. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le moyen (3) de calcul est un calculateur électronique.

15

13. Système selon la revendication 12, caractérisé en ce que le calculateur électronique (3) permettant de calculer le débit instantané en temps réel quelques soient les fluctuations de l'écoulement est un calculateur électronique analogique.

20

14. Système selon la revendication 12, caractérisé en ce que le calculateur (3) électronique permettant de calculer le débit instantané en temps réel quelques soient les fluctuations de l'écoulement est un calculateur électronique numérique.

25

15. Procédé de mesure du débit d'un fluide en écoulement stationnaire ou instationnaire dans une conduite, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :

- mesurer, quelques soient les fluctuations de l'écoulement, une différence entre deux pressions.

- définir le débit du fluide par résolution d'une formule reliant le débit et la différence de pression mesurée, ladite formule prenant en compte le sens de l'écoulement.

5 16. Procédé selon la revendication 16, caractérisé en ce que la deuxième étape du procédé consiste à définir le débit du fluide en écoulement instationnaire par résolution d'une équation différentielle reliant le débit et la différence de pression mesurée :

$$dq(t)/dt + \alpha(q(t)) = \beta \times \Delta p(t),$$

10 où  $q(t)$  représente le débit instantané recherché,  
 $dq(t)/dt$  représente la dérivée par rapport au temps du débit instantané recherché,  
 $\alpha(q(t))$  représente une fonction dépendant de la géométrie du système, du fluide et du débit instantané  $q(t)$ ,  
15  $\beta$  représente un coefficient fonction de la géométrie du dispositif,  
 $\Delta p(t)$  représente la différence de pression instantanée mesurée.

20 17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 16 ou 17, caractérisé en ce que le sens de l'écoulement est pris en compte dans le terme  $\alpha(q(t))$  dépendant de la géométrie du système et du débit  $q(t)$ .

25 18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 16 à 18, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape d'acquisition de la température du fluide.

30 19. Procédé selon la revendication 16 à 19, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape d'acquisition de la pression statique absolue du fluide.

- définir le débit du fluide par résolution d'une formule reliant le débit et la différence de pression mesurée, ladite formule prenant en compte le sens de l'écoulement.

5 16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que la deuxième étape du procédé consiste à définir le débit du fluide en écoulement instationnaire par résolution d'une équation différentielle reliant le débit et la différence de pression mesurée :

$$dq(t)/dt + \alpha(q(t)) = \beta \times \Delta p(t),$$

10 où  $q(t)$  représente le débit instantané recherché,  
 $dq(t)/dt$  représente la dérivée par rapport au temps du débit instantané recherché,  
 $\alpha(q(t))$  représente une fonction dépendant de la géométrie du système, du fluide et du débit instantané  $q(t)$ ,  
15  $\beta$  représente un coefficient fonction de la géométrie du dispositif,  
 $\Delta p(t)$  représente la différence de pression instantanée mesurée.

20 17. Procédé selon la revendication 16, caractérisé en ce que le sens de l'écoulement est pris en compte dans le terme  $\alpha(q(t))$  dépendant de la géométrie du système et du débit  $q(t)$ .

25 18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 à 17, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape d'acquisition de la température du fluide.

30 19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 à 18, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape d'acquisition de la pression statique absolue du fluide.



20. Procédé selon les revendications 19 et 20, caractérisé en ce que la température du fluide et la pression statique absolue du fluide sont prises en compte dans la formule prenant en compte le sens de l'écoulement.

5

21. Procédé selon la revendication 21, caractérisé en ce qu'il permet le calcul en temps réel du débit instantané d'un fluide compressible en écoulement instationnaire dans une conduite, ledit calcul du débit étant obtenu par résolution d'une formule reliant le débit à la différence de pression, ladite formule prenant en compte le sens de l'écoulement du fluide, la pression statique absolue du fluide et la température du fluide.

10

---

20. Procédé selon les revendications 18 et 19, caractérisé en ce que la température du fluide et la pression statique absolue du fluide sont prises en compte dans la formule prenant en compte le sens de l'écoulement.

5

21. Procédé selon la revendication 20, caractérisé en ce qu'il permet le calcul en temps réel du débit instantané d'un fluide compressible en écoulement instationnaire dans une conduite, ledit calcul du débit étant obtenu par résolution d'une formule reliant le débit à la différence de pression, ladite formule prenant en compte le sens de l'écoulement du fluide, la pression statique absolue du fluide et la température du fluide.

10

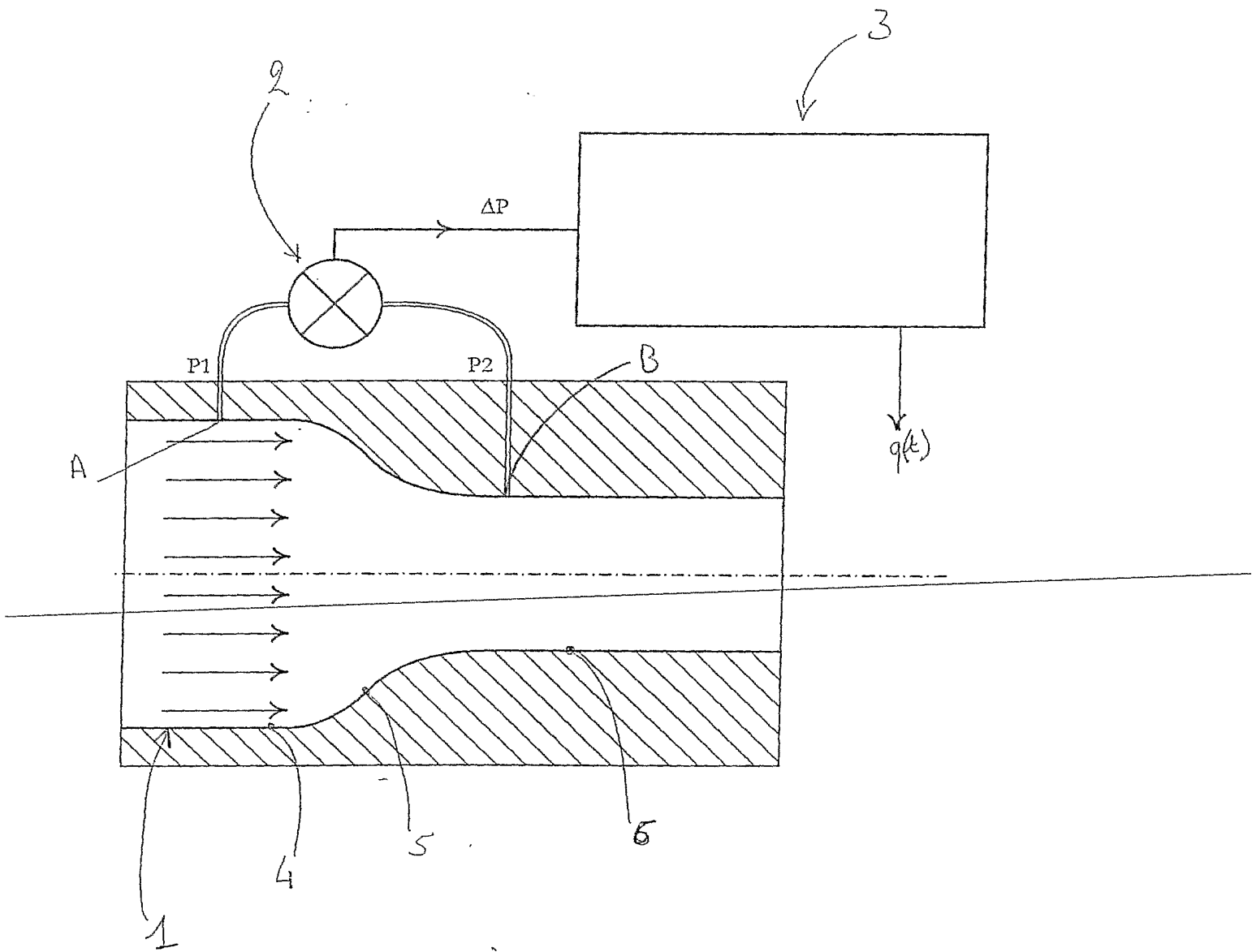
1<sup>er</sup> dépôt  
1/4

FIGURE 1

1 / 4

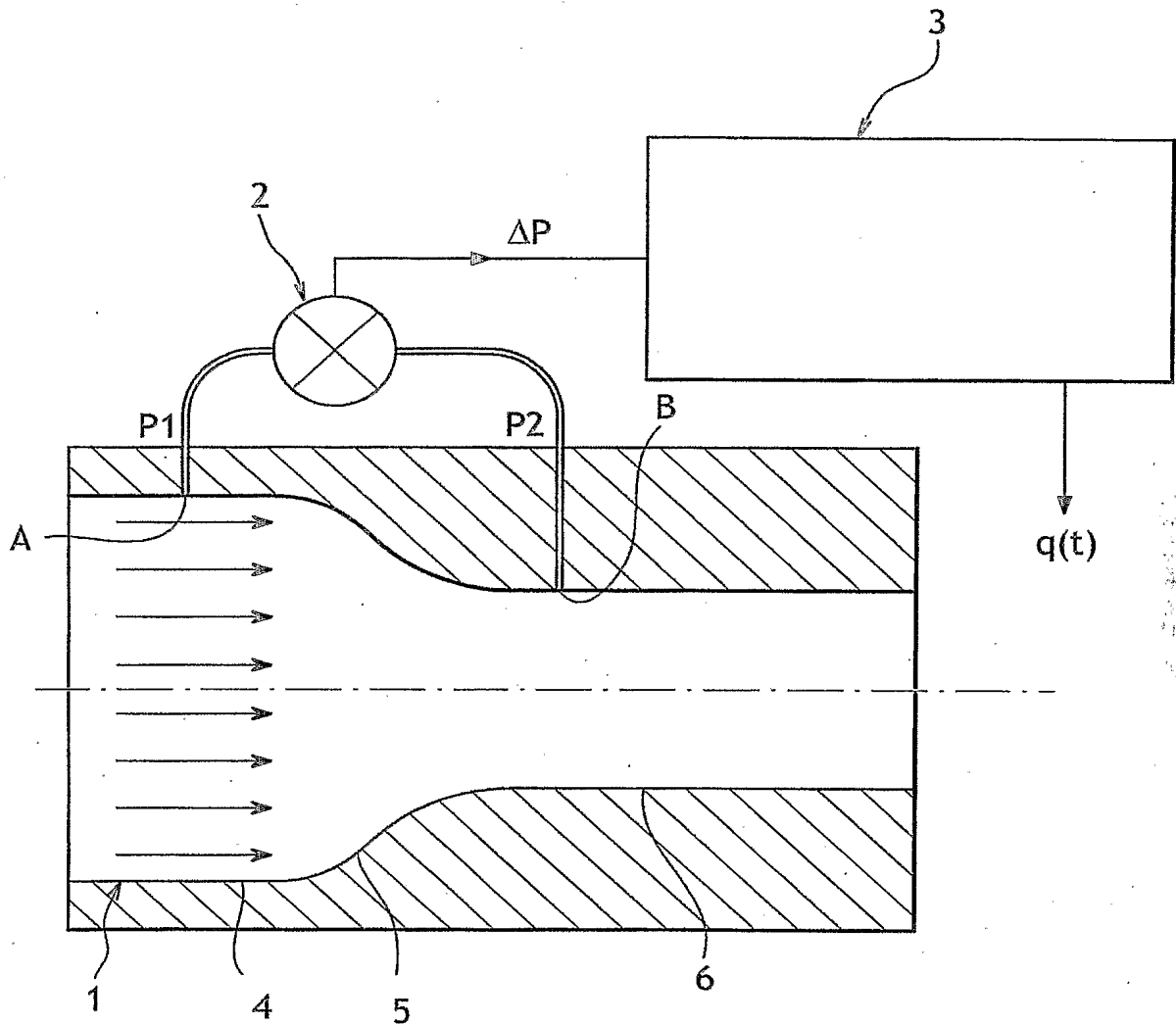


FIG.1

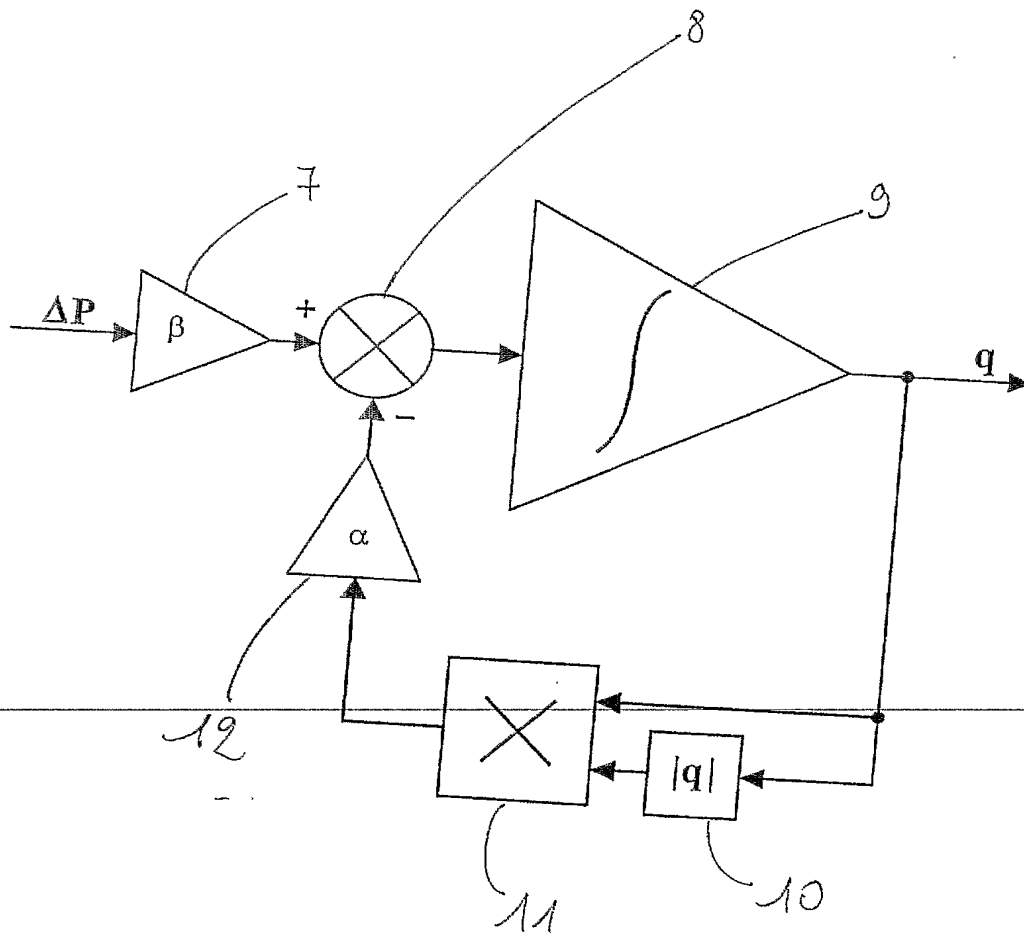
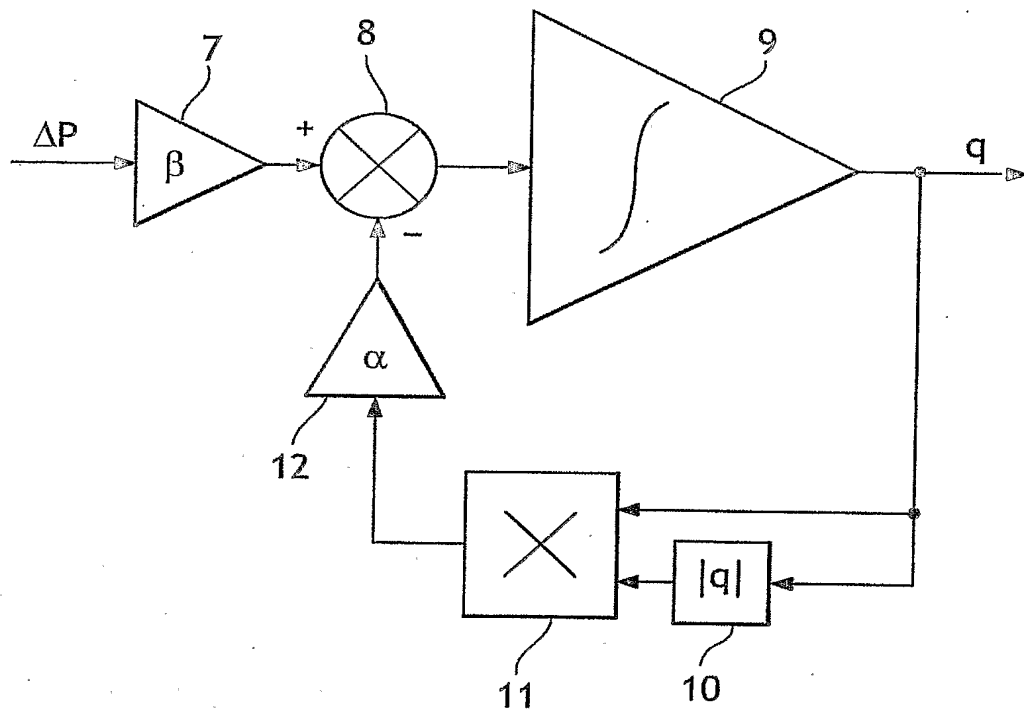


FIGURE 2

2 / 4

FIG.2

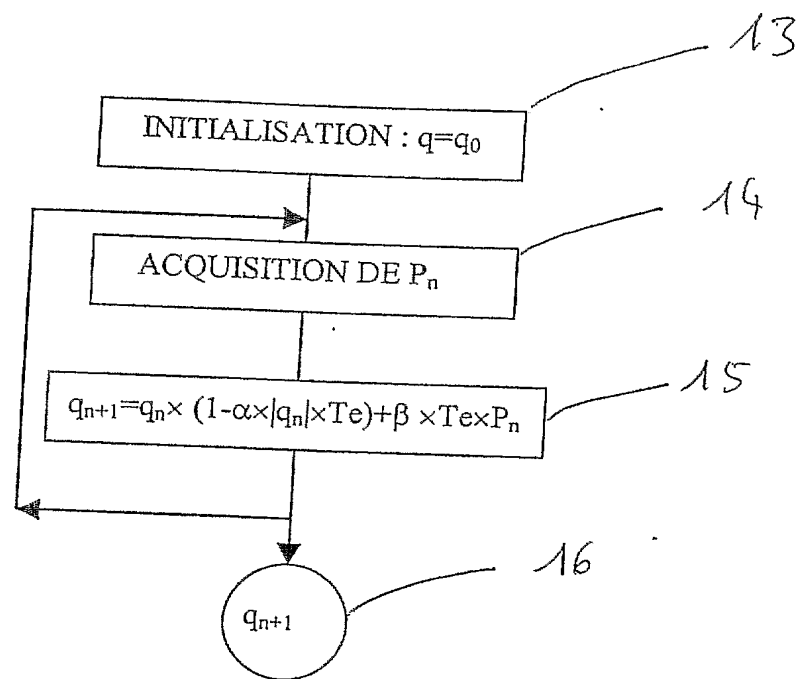


FIGURE 3

3 / 4

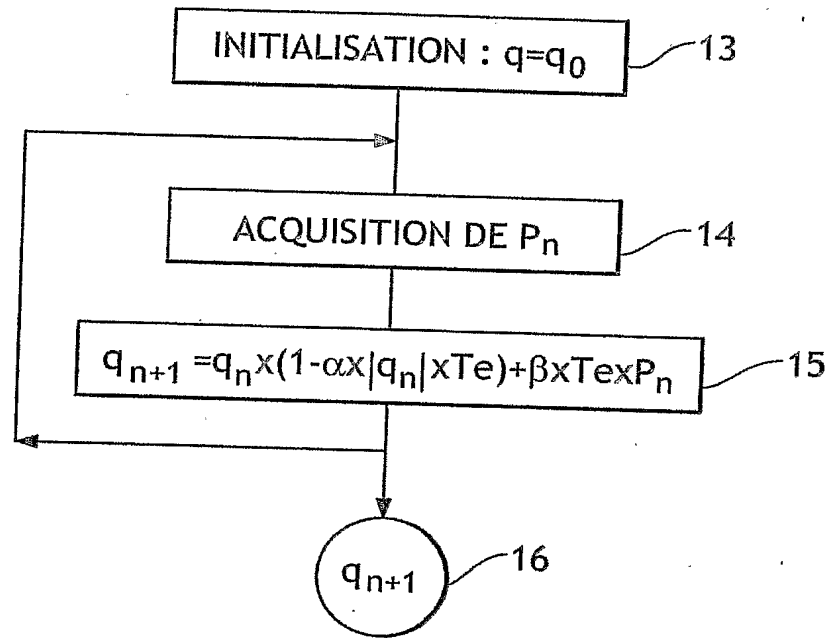


FIG.3



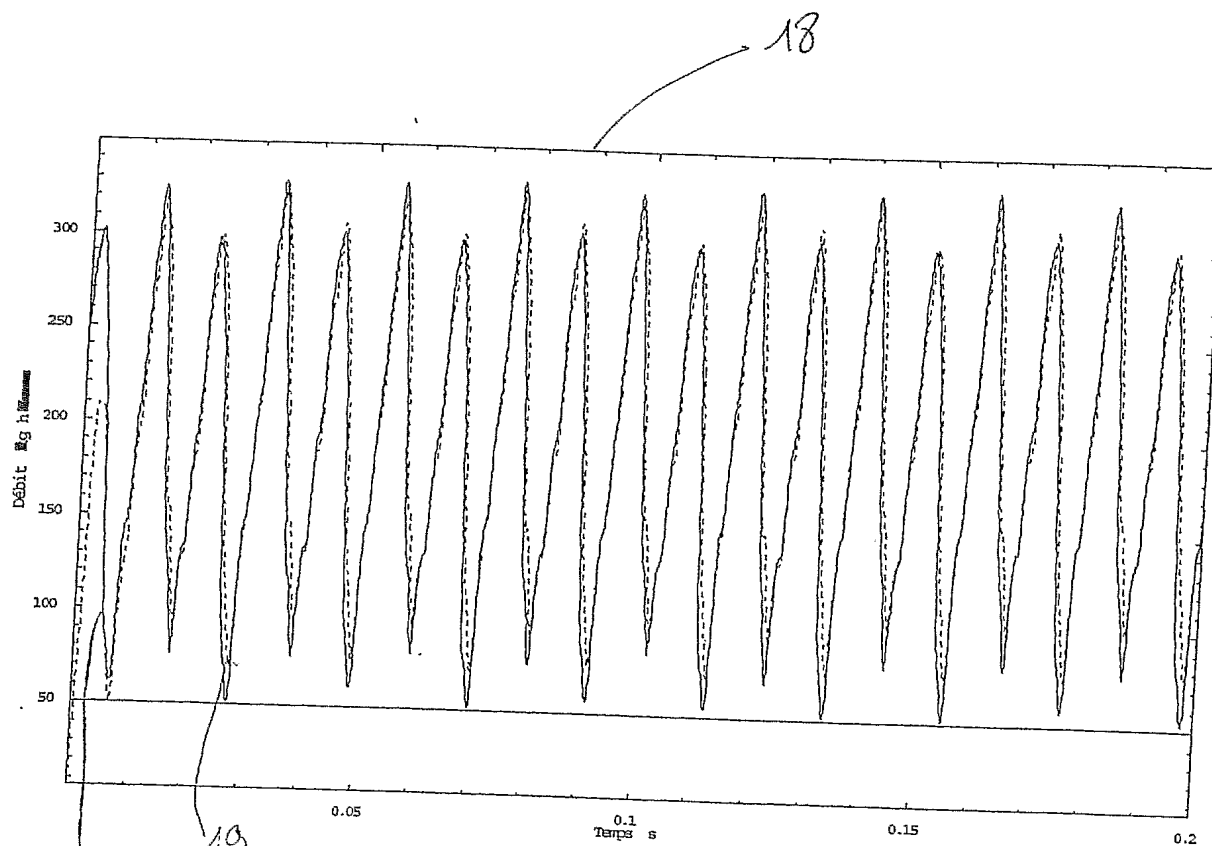
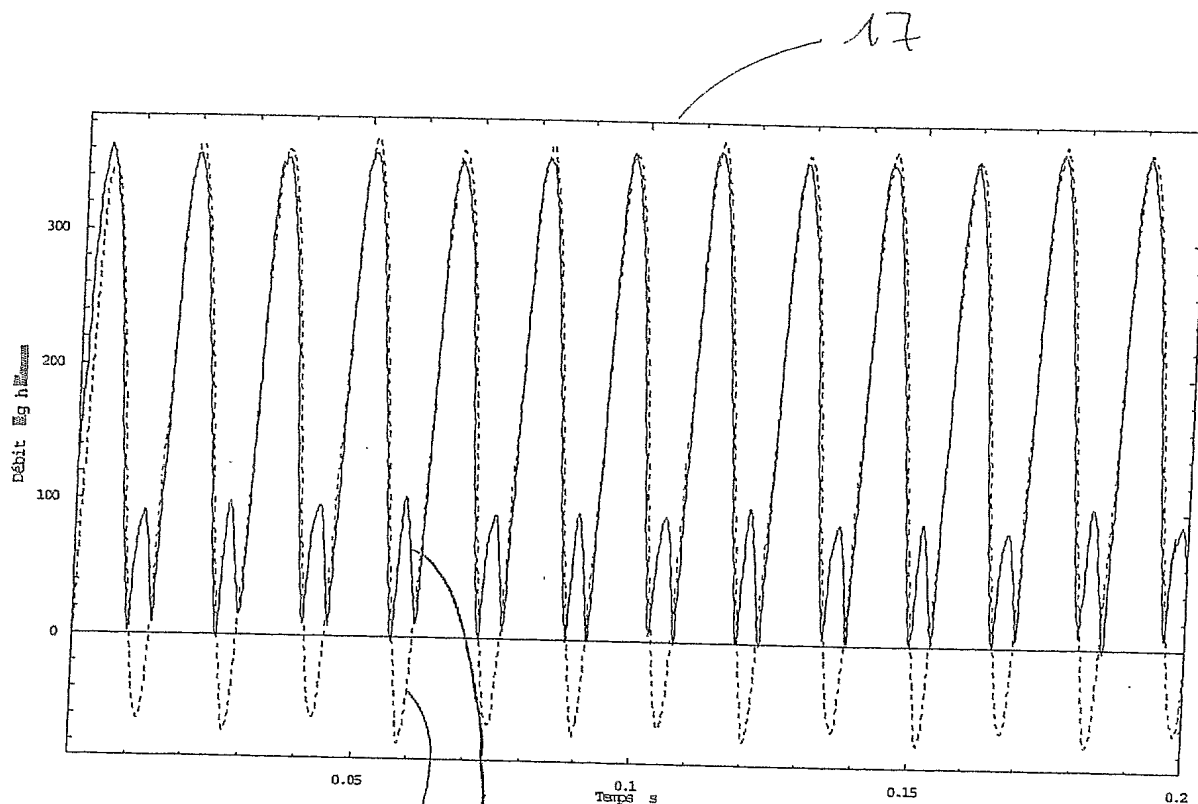
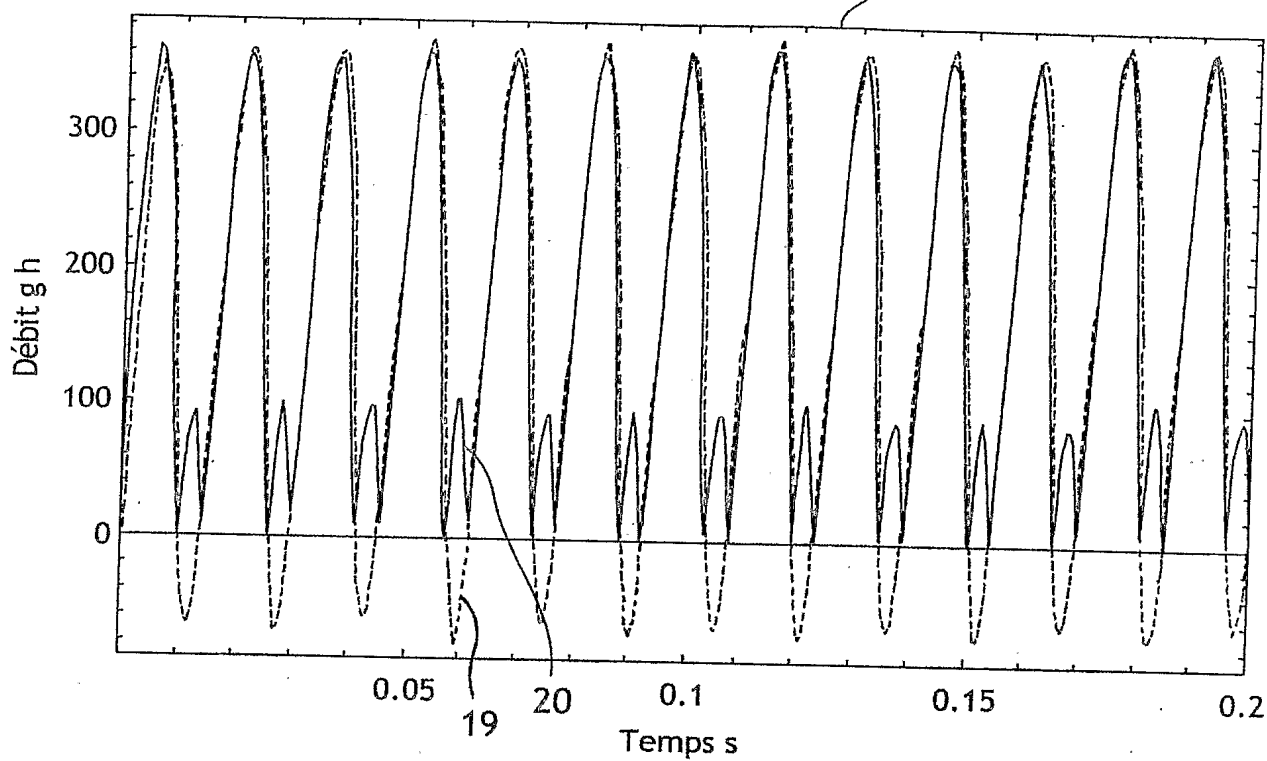


FIGURE 4.

4 / 4

17



18

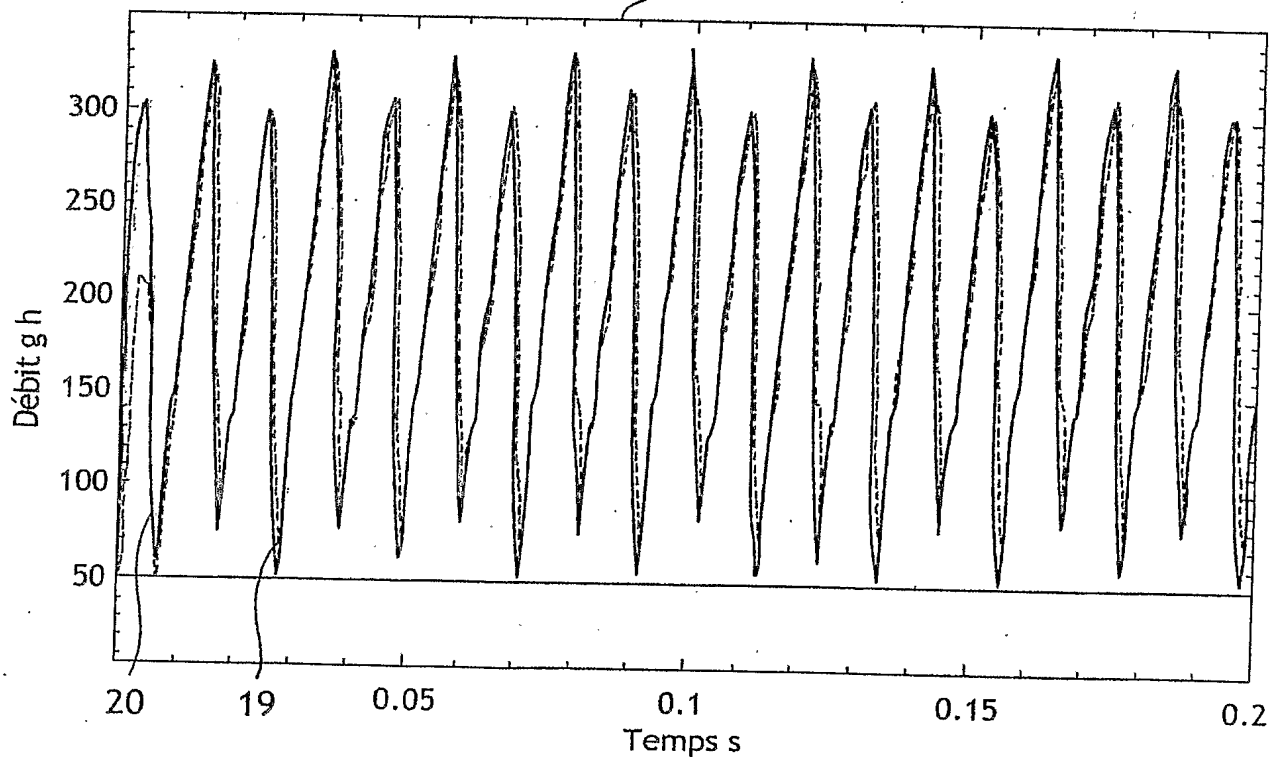
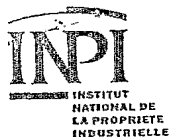


FIG.4

**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

N° 11235\*02

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° ..1/.2

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 300301

**Vos références pour ce dossier**

(facultatif)

241106 D21881 JJB

**N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL**

0601527

**TITRE DE L'INVENTION** (200 caractères ou espaces maximum)**DEBITMETRE INSTATIONNAIRE****LE(S) DEMANDEUR(S) :****1/ UNIVERSITE DE POITIERS :**

40, avenue du Recteur Pineau 86000 POITIERS - FRANCE

**2/ CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS)**

3, rue Michel Ange 75016 PARIS - FRANCE

**DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :** (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).

Nom		FOUCAULT Eric	
Prénoms			
Adresse	Rue	55 rue Cornet	
	Code postal et ville	86000 POITIERS FRANCE	
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		SZEGER Philippe	
Prénoms			
Adresse	Rue	1, rue de la Roche	
	Code postal et ville	86800 SAINT JULIEN L'ARS FRANCE	
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		LAUMONIER Janick	
Prénoms			
Adresse	Rue	5, rue Lamartine	
	Code postal et ville	86000 POITIERS FRANCE	
Société d'appartenance (facultatif)			
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> 16/02/09 <b>OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)			
96002			



## BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235\*02

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 2./2.  
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 300301

Vos références pour ce dossier (facultatif)		241106 D21881 JJB
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		06 0152X
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
DEBITMETRE INSTATIONNAIRE		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
1/ UNIVERSITE DE POITIERS :		
40, avenue du Recteur Pineau 86000 POITIERS - FRANCE		
2/ CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS)		
3, rue Michel Ange 75016 PARIS - FRANCE		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).		
Nom		MICHEAU Philippe
Prénoms		
Adresse	Rue	3648 Iris ROCK FOREST - QUEBEC,
	Code postal et ville	J1N 2W5 CANADA
Société d'appartenance (facultatif)		
Nom		
Prénoms		
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
Nom		
Prénoms		
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
Nom		
Prénoms		
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		
16/02/04 94402 / [Signature]		

